

Sensibilidade de plantas de café micorrizadas à herbicidas¹

Sensibility of coffee plants micorrized to herbicides

Felipe Paolinelli Carvalho²; André Cabral França³; Miguel Henrique Rosa Franco⁴; Moisés Avelar⁵; Samuel Dias Moreira⁴; Ademilson Oliveira Alecrim⁴; José Barbosa dos Santos⁶

Resumo - Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de herbicidas aplicados em pós-emergência em plantas de café arábica inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2 x 6, sendo mudas de café arábica cultivar Catuaí IAC 99 inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (Fator 1), e cinco herbicidas (chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen, fluazifop-p-butil, fomesafen, [fluazifop-p-butil+fomesafen]) e uma testemunha (Fator 2), com quatro repetições. As mudas inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*) e produzidas em sacolas plásticas contendo solo e esterco (3:1) foram transplantadas para vasos de 20 dm³ de solo, no estádio de cinco pares de folhas. No estádio de sete pares de folhas foram submetidas a aplicação dos herbicidas. Após a aplicação do herbicida foram mensuradas: porcentagem de intoxicação, altura, área foliar, volume radicular, matéria seca das folhas e raízes, teor nutricional da folha e colonização radicular. Observou-se que a aplicação de chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butil+fomesafen] resultaram em menor incremento das variáveis e maior intoxicação. O fluazifop-p-butil apresentou maior seletividade para as plantas de café. As plantas inoculadas obtiveram maior colonização radicular de fungos micorrízicos que as não inoculadas. Apenas o fluazifop-p-butil não causou interferência na colonização, sendo que as plantas inoculadas mostraram menor intoxicação que as não inoculadas. Considerando todos os parâmetros avaliados conclui-se que as plantas de café arábica cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares apresentaram maior tolerância ao fluazifop-p-butil. Da mesma forma, conclui-se também que plantas de café quando inoculadas com FMAs apresentaram-se mais tolerantes aos efeitos negativos dos herbicidas chlorimuron-ethyl, fomesafen, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butil+fomesafen].

Palavras-chaves: *Coffea arabica*, fungos micorrízicos arbusculares, seletividade, tolerância

Abstract - The objective of this work was to evaluate the effects of herbicides applied in post-emergence of Arabic coffee plants inoculated and non-inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. The experiment was conducted in a factorial arrangement 2 x 6, being seedlings of Arabic coffee (Catuaí IAC 99 cv) inoculated and non-inoculated with mycorrhizal fungi (Factor 1), and five herbicides (chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen, fluazifop-p-butil, fomesafen, [fluazifop-p-butil + fomesafen]) and a control treatment (Factor 2), with four replications. The seedlings inoculated

¹ Recebido para publicação em 10/10/2013 e aceito em 05/07/2015.

² Pós-doutorando (PNPD/Capes) – Universidade Federal de Viçosa. Florestal, Minas Gerais, Brasil. felipepaolinelli@yahoo.com.br (*autor para correspondência)

³ Professor Adjunto – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Diamantina, Minas Gerais, Brasil

⁴ Mestre em Produção Vegetal – UFVJM. Diamantina, Minas Gerais, Brasil

⁵ Engenheiro agrônomo – UFVJM. Diamantina, Minas Gerais, Brasil

⁶ Professor Adjunto – UFVJM. Diamantina, Minas Gerais, Brasil

with mycorrhizal fungi (*Rhizophagus clarus* and *Gigaspora margarita*) were produced in polyethylene bags and transplanted to 20 dm³ pots when it was in five pairs leaves stage. In seven pairs leaves stage the plants were submitted to the herbicide applications. After 45 days were measured: percentage of intoxication, height, leaf area, root volume, leaves and roots dry matter, leaf nutrient content and root colonization. Noted that chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen and [fluazifop-p-butyl+fomesafen] resulting in less increment of variables and higher phytotoxicity. The fluazifop-p-butyl showed greater selectivity to coffee plants. The inoculated plants obtained higher root colonization than non-inoculated. Considering all parameters, it is concluded that the Arabica coffee cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 inoculated with mycorrhizal fungi showed higher tolerance to fluazifop-p-butyl. Similarly, also concludes that coffee plants inoculated with FMAs had become more tolerant to the adverse effects of chlorimuron-ethyl, fomesafen, oxyfluorfen and [fluazifop-p-butyl + fomesafen].

Keywords: *Coffea arabica*, arbuscular mycorrhizal fungi, selectivity, tolerance

Introdução

O cafeeiro é uma cultura perene e pode produzir por mais de 30 anos. Apesar de ter características instáveis, como os ciclos de preço e fisiológicos de produção (bienalidade), a cafeicultura é atividade economicamente interessante, pois é de alta densidade financeira e rentável em pequena escala. Além disso, a cafeicultura gera maior renda e emprego por unidade de área em relação a outras culturas, sendo adequada à topografia montanhosa por permitir diversidade de processos de produção (Caixeta et al., 2008).

A produção da cafeicultura mantém um crescimento constante, demonstrando que a maior utilização da mecanização, aliada às inovações tecnológicas, às exigências do mercado, à qualidade do produto e à boa gestão da atividade, são fatores extremamente importantes e necessários para o seu avanço e modernização (CONAB, 2013). No entanto, falhas relacionadas ao controle de plantas daninhas na cultura do café podem estar dentre os principais fatores que contribuem para a queda na produção das lavouras brasileiras.

Plantas jovens de café são muito sensíveis à interferência das plantas daninhas que ocorrem na linha de plantio, podendo ter seu crescimento e ciclo reprodutivo comprometidos caso o controle não seja efetuado em tempo hábil (Ronchi et al., 2001). Em razão da competição com as plantas daninhas, sua

produtividade e qualidade podem ser severamente comprometidas. Por isso, o manejo de plantas daninhas na lavoura constitui-se uma das principais práticas que oneram o custo de produção (Silva e Ronchi, 2003). Além disso, devido à rusticidade das plantas daninhas, estas se destacam na rapidez e eficiência da utilização dos recursos do ambiente, levando vantagem sobre o crescimento das culturas. Segundo Ronchi et al. (2007), geralmente as plantas daninhas apresentam maior concentração de nutrientes nos tecidos, devido à maior habilidade ou eficiência na absorção do que as plantas de café.

Manejar plantas daninhas na linha de plantio do café é extremamente complicado, pois o controle manual é dispendioso e, muitas vezes, impossível de ser realizado, haja vista a escassez de mão-de-obra e a umidade excessiva do solo. Nesse sentido, o controle químico carece de herbicidas seletivos aplicados em pré ou pós-emergência das plantas daninhas para uso nessa fase da cultura e, também, de tecnologias adequadas à aplicação de herbicidas não-seletivos (Ronchi et al., 2001).

As micorrizas arbusculares são associações simbióticas entre fungos da classe dos glomeromicetos e raízes da maioria das plantas vasculares (Colozzi Filho e Cardoso, 2000). Os fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são compostos por filamentos (hifas) que penetram nas raízes, onde passam a

funcionar como sistema radicular adicional, aumentando a área radicular efetivamente ocupada no solo, melhorando a capacidade das plantas em absorverem nutrientes, e beneficiando seu crescimento, desenvolvimento e, conseqüentemente, seu vigor e sua produtividade (Moreira e Siqueira, 2006).

A produção de mudas de café pode ser favorecida pela obtenção de mudas de alta qualidade e homogeneidade em curtos períodos de tempo (Locatelli e Lovato 2002). Desta forma, a inoculação com espécies de FMA, favorece o crescimento das mudas (Pouyu-Rojas e Siqueira, 2000), aumenta a tolerância ao estresse provocado pelo transplântio, aumenta o índice de sobrevivência após o transplântio, além de reduzir o tempo para formação da muda no viveiro (Miranda et al., 2006). O alto potencial do uso de fungos micorrízicos na formação de mudas de café é caracterizado pela elevada dependência micorrízica do café, principalmente, em solos de baixa fertilidade (Colozzi Filho et al., 1994).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pós-emergência em plantas de café submetidas ou não a inoculação com fungos micorrízicos arbusculares.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação, na área experimental do Departamento de Agronomia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Utilizaram-se sementes de Catuaí Vermelho IAC-99.

As sementes, depois de lavadas com solução de hipoclorito de sódio (1%), foram colocadas para germinar em areia autoclavada e, quando se apresentavam na fase de “palito de fósforo”, foram repicadas para sacolas plásticas com substrato adubado, de acordo com Guimarães et al. (1999). No ato da repicagem, metade das mudas foram inoculadas, aplicando-se 10 g de inoculante por plântula. O inoculante foi composto pela mistura de espécies de fungos

micorrízicos arbusculares (FMAs) *Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita* (1:1), que apresentava aproximadamente 100 esporos por 10g do inoculante.

Com quatro a cinco pares de folhas definitivas, as mudas foram transplantadas para vasos de 20 L preenchidos com substrato composto por solo peneirado e esterco de curral curtido (3:1). Para fornecimento de P_2O_5 , utilizou-se superfosfato simples (100 g por vaso), além de calcário dolomítico, a fim de elevar a saturação por bases a 60%. Os cálculos foram desenvolvidos de acordo com os resultados descritos na análise. Aos 30 dias após o plantio, efetuou-se a adubação de cobertura, de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (Guimarães et al., 1999).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com esquema fatorial 2x6, com quatro repetições. O primeiro fator correspondeu em avaliar o efeito da associação micorrízica, planta inoculada e não inoculada, e o segundo fator referente à aplicação de cinco herbicidas em pós-emergência (chlorimuron-ethyl a 15 g i.a ha⁻¹; fluazifop-p-butyl 200 g i.a ha⁻¹; fomesafen 250 g i.a ha⁻¹; [fluazifop-p-butyl+fomesafen] 250+200 g i.a ha⁻¹; oxyfluorfen 600 g i.a ha⁻¹) e uma testemunha sem a aplicação. As unidades experimentais foram estabelecidas como sendo um vaso, preenchido com 20 dm³ de solo, com uma muda de café.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada no estádio de sete pares de folhas desenvolvidos, com auxílio de um pulverizador costal pressurizado a CO₂, mantido a pressão constante de 250 kPa, munido com uma barra com duas pontas tipo leque (TT 110.02), espaçadas a 50 cm entre si e proporcionando volume de calda de 200 L ha⁻¹.

Aos 15 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), avaliou-se, visualmente, a porcentagem de fitointoxicação das plantas em relação ao controle sem herbicida, atribuindo-se notas que variaram entre 0 e 100%, em que 0%

correspondeu à ausência de sintomas visíveis e 100% à morte das plantas.

Aos zero e 60 dias após a aplicação dos herbicidas, foram mensuradas a altura, o diâmetro do caule, a área foliar, a densidade radicular e a matéria seca do caule, folhas e raiz das mudas de café. Após determinação da altura e diâmetro do caule, as plantas foram divididas em folha, caule e raiz. O método do scanner foi utilizado para mensuração da área foliar, sendo posteriormente calculados pelo programa DAA (Determinador Digital de Áreas). A densidade radicular foi determinada pelo método do volume deslocado em proveta graduada (Carrigan e Frey, 1980). Posteriormente, as partes das plantas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar (60°C), para determinação da massa seca.

Após a secagem das amostras promoveu-se moagem por planta em moinhos de lâminas do tipo Willey, equipado com peneira fina (40 mesh), visando maior homogeneização do material. Amostras desse material vegetal moído foram submetidas à digestão nitroperclórica. Em seguida, foram determinadas as concentrações de P, pelo método da vitamina C modificado (Braga e Defelipo, 1974); de K por fotometria de chama; de S por turbidimetria do sulfato (Jackson, 1958); e Ca, Mg, Fe, Zn, Mn e Cu por espectrofotometria de absorção atômica (AOAC, 1975). A digestão sulfúrica do material vegetal foi realizada, para determinação da concentração de N (nitrogênio total) pelo método de Kjeldahl (1883).

Também foi determinado a porcentagem de colonização aos 60 DAA antes da secagem do material, procedendo com a coleta de amostras do sistema radicular da cultura. Essas amostras foram lavadas, retirando-se fragmentos de aproximadamente 1 cm de comprimento das raízes finas. A colonização micorrízica radicular foi estimada pelo método da contagem em placa marcada, após a descoloração e posterior coloração, conforme sugerido por Giovanetti e Mosse (1980).

Os dados foram submetidos à análise de variância, com a média das variáveis sendo comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os herbicidas aplicados sobre as plantas de café, e entre as plantas inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), para todas as variáveis analisadas.

As plantas tratadas com chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butil+fomesafen] apresentaram fitointoxicação, ao contrário do fluazifop-p-butil que não apresentou sintomas de danos visuais. As plantas inoculadas se diferiram das não inoculadas com FMAs, quando tratadas com chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butil+fomesafen], constatando menor sintomas de danos nas plantas inoculadas (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores como Ronchi e Silva (2003), que relataram os principais sintomas de danos visuais do oxyfluorfen em mudas de café em casa de vegetação foram necroses espalhadas pela lâmina foliar, caracterizada por 62,5% de fitointoxicação. Neste trabalho também se constatou fitointoxicação de 29,5% do chlorimuron-ethyl, assim como encarquilhamento das folhas para o fluazifop-p-butil+fomesafen. Os mesmos autores Ronchi e Silva (2004), relataram resultados semelhantes, com os mesmos produtos, em plantas de café submetidas aplicação no campo. Magalhães et al. (2012) em aplicação de oxyfluorfen em plantas de café no campo observaram fitointoxicação de 29,4% após 30 dias da aplicação. Já Alcântara et al. (2000) avaliando herbicidas na fase inicial de crescimento do cafeeiro obtiveram resultados semelhantes quanto a aplicação de fluazifop-p-butil.

Os sintomas de danos descritos para o chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-p-

butil + fomesafen] estão estreitamente relacionados com seus respectivos mecanismos de ação (Silva et al., 2009). A mistura [fluazifop-butil+fomesafen], apesar de quando aplicada isoladamente não ter apresentado efeito negativo para as plantas de café, quando utilizados conjuntamente na forma de mistura pronta, esses herbicidas, que agem inibindo a acetil coenzima-A carboxilase (fluazifop-p-butil) e inibido ação da enzima PROTOX (fomesafen), causou sintomas de fitointoxicação.

Para o efeito dos herbicidas na altura de plantas de café inoculadas, constatou-se que chlorimuron-ethyl e oxyfluorfen promoveram os menores valores desta variável. Com relação as plantas não inoculadas observou-se que, além do chlorimuron-ethyl e oxyfluorfen, a mistura

[fluazifop-p-butil+fomesafen] também promoveu redução na altura das plantas. Quanto a inoculação, apenas o chlorimuron-ethyl e [fluazifop-p-butil+fomesafen] diferiram entre inoculadas e não inoculadas, onde a planta inoculada foi superior às plantas não inoculadas (Tabela 1).

Ao estimar o efeito dos herbicidas sobre a área foliar das plantas de café evidenciou-se que chlorimuron-ethyl, [fluazifop-p-butil+fomesafen] e oxyfluorfen promoveram menor área foliar para ambos os tratamentos. Quanto ao efeito de interação entre os inoculantes e herbicidas observou-se que presença de todos os herbicidas reduziu a área foliar das plantas não inoculadas, enquanto que na testemunha não houve diferença.

Tabela 1. Fitointoxicação aos 15 DAA, altura e área foliar aos 60 DAA em plantas de café (Catuaí Vermelho IAC 99) inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*).

Herbicidas	Dose i.a. (g ha ⁻¹)	Fitointoxicação (%)		Altura (cm)		Área Foliar (cm ²)	
		Sim ^{1/}	Não	Sim	Não	Sim	Não
Chlorimuron-ethyl	15	24aC	35bC	47,31aB	46,35bB	1380,00aB	1313,80bB
Fluazifop-p-butil	200	0aA	0aA	48,35aA	48,35aA	1858,25aA	1780,29bA
Fomesafen	250	15aB	15aB	48,00aA	48,18aA	1728,25aAB	1688,06bAB
[Fluazifop+Fomesafen] ^{2/}	200+250	25aC	40bC	48,10aA	46,62bB	1567,02aB	1480,19bB
Oxyfluorfen	600	33aC	40bC	47,05aB	47,08aB	1573,68aB	1389,15bB
Testemunha	0	0aA	0aA	48,3aA	48,7aA	1880,00aA	1850,61aA
CV (%)	-	12,53		11,89		17,98	

^{1/}Sim = Plantas inoculadas; Não = Plantas não inoculadas; ^{2/}Fluazifop-p-butil+Fomesafen. Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-butil+fomesafen] causaram redução da massa seca de raízes tanto das plantas de café inoculadas como nas não inoculadas. Quanto ao efeito da inoculação, verificou-se que as plantas inoculadas foram superiores em relação as não inoculadas na presença e ausência dos herbicidas (Tabela 2).

A massa seca foliar foi influenciada negativamente pela aplicação dos herbicidas chlorimuron-ethyl e oxyfluorfen, tanto para as plantas inoculadas como as não inoculadas. Entretanto, a massa seca das plantas inoculadas foram superiores na aplicação dos herbicidas

chlorimuron-ethyl e oxyfluorfen em relação às plantas não inoculadas (Tabela 2).

Analisando o efeito dos herbicidas no volume de raiz de plantas de café, constatou-se que chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butil+fomesafen] promoveram valores inferiores em relação às plantas sem aplicação, sendo que para as plantas inoculadas, o chlorimuron-ethyl, o oxyfluorfen e o [fluazifop-p-butil+fomesafen] apresentaram menor volume de raízes. Para o efeito de inoculação observou-se que a presença de todos os herbicidas proporcionou menor incremento no

volume radicular para as plantas não inoculadas (Tabela 3).

Com plantas cultivadas em vasos em casa de vegetação, Ronchi e Silva (2003)

também relataram além da elevada fitotoxicidade (62,5%) do oxyfluorfen, redução significativa na altura e biomassa da parte aérea das plantas em 27 e 44%, respectivamente.

Tabela 2. Massa seca radicular (MSR), foliar (MSF) e volume de raiz (mL) de plantas de café (Catuaí Vermelho IAC 99) inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*), aos 60 DAA.

Herbicidas	Dose i.a. (g ha ⁻¹)	MSR (g)		MSF (g)		Volume de Raiz (mL)	
		Sim ^{1/}	Não	Sim ^{1/}	Não	Sim ^{1/}	Não
Chlorimuron-ethyl	15	14,00aB	11,25bB	19,75aB	17,25bB	45,00aC	41,00bB
Fluazifop-p-butyl	200	15,00aA	13,00bA	22,15aA	22,89aA	49,25aA	47,00bA
Fomesafen	250	15,00aA	13,25bA	21,50aA	21,75aA	49,05aA	47,50bA
[Fluazifop+Fomesafen] ^{2/}	200+250	14,00aB	12,25bAB	20,75aAB	20,40aAB	47,00aB	42,25bB
Oxyfluorfen	600	13,00aB	10,95bB	18,50aB	15,72bB	44,50aC	40,42bB
Testemunha	0	15,75aA	13,00bA	22,00aA	23,00aA	50,00aA	47,50aA
CV (%)	-	7,91		9,09		12,09	

^{1/}Sim = Plantas inoculadas; Não = Plantas não inoculadas; ^{2/}Fluazifop-p-butyl+Fomesafen. Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Teores fósforo (P) e ferro (Fe) de plantas de café (Catuaí Vermelho IAC 99) inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*), aos 60 DAA.

Herbicidas	Dose i.a. (g ha ⁻¹)	P (g/kg)		Fe (mg/kg)	
		Sim ^{1/}	Não	Sim ^{1/}	Não
Clorimurum	15	1,09aB	1,01bB	192,90aB	190,56aB
Fluazifop	200	1,18aA	1,12bA	212,56aA	210,65aA
Fomesafen	250	1,15aA	1,09bA	213,70aA	209,80bA
[Fluazifop+Fomesafen] ^{2/}	200+250	1,07aB	0,98bB	198,80aB	180,90bC
Oxyfluorfen	600	1,01aB	0,85bC	190,76aB	174,04bC
Testemunha	0	1,25aA	1,10bA	215,90aA	211,98bA
CV (%)	-	7,09		12,71	

^{1/}Sim = Plantas inoculadas; Não = Plantas não inoculadas; ^{2/}Fluazifop-p-butyl+Fomesafen. Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação aos teores de nutrientes, houve efeitos significativos ($p < 0,05$) para o fósforo (P), ferro (Fe), potássio (K) e zinco (Zn). Os teores desses nutrientes foram afetados pela aplicação de chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butyl+fomesafen]. Os teores de P para as plantas inoculadas foram superiores em todos os tratamentos em relação as não inoculadas. Os teores de Fe apenas com aplicação de chlorimuron-ethyl e fluazifop-p-butyl não diferiram em relação as plantas inoculadas e não inoculadas. Quanto aos teores de K, as plantas submetidas a aplicação de chlorimuron-ethyl e oxyfluorfen se sobressaíram quando houve a inoculação com FMAs. Para os teores de Zn, apenas a

testemunha se diferenciou entre inoculada e não inoculada, a planta inoculada obteve maior teor que plantas não inoculadas (Tabelas 3 e 4).

Os menores teores dos nutrientes com a aplicação de chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e fluazifop-p-butyl+fomesafen pode ser explicado pelos danos causados na estrutura das plantas, diminuindo assim sua capacidade de absorção de nutriente por apresentar menor sistema radicular, juntamente com a redução de sua capacidade fotossintética. De acordo com Ronchi e Silva (2003; 2004) e Magalhães et al. (2010), os sintomas visuais do oxyfluorfen e [fluazifop-butyl+fomesafen] em café reduziram a área fotossintética das plantas.

Analisando a colonização do sistema radicular por FMAs, notou-se que, com a presença dos herbicidas fomesafen, chlorimuron-ethyl, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butil+fomesafen], as plantas foram afetadas independente da inoculação. As plantas inoculadas com o mix de fungos selecionados obtiveram maior colonização das raízes, do que as plantas não inoculadas que foram colonizadas apenas por FMAs nativos do solo utilizado

(Tabela 5). Na literatura, alguns trabalhos evidenciam o efeito de herbicidas em pré-emergência, como o sulfentrazone, sobre microorganismos como a menor colonização de FMAs em soja (Vieira et al., 2007). Para o feijoeiro, Santos et al. (2006) observaram que a colonização de FMAs foi reduzida em até 12 dias após aplicação em pós-emergência dos herbicidas fomesafen e fluazifop-p-butil.

Tabela 4. Teores potássio (K) e zinco (Zn) de plantas de café (Catuaí Vermelho IAC 99) inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*), aos 60 DAA.

Herbicidas	Dose i.a. (g ha ⁻¹)	K (g/kg)		Zn (mg/kg)	
		Sim ^{1/}	Não	Sim ^{1/}	Não
Chlorimuron-ethyl	15	17,90aB	13,41bB	3,61aB	3,41aB
Fluazifop-p-butil	200	18,98aA	18,90aA	4,05aA	4,01aA
Fomesafen	250	18,90aA	18,39aA	4,01aA	3,90aA
[Fluazifop+Fomesafen] ^{2/}	200+250	15,52aC	15,10aB	3,12aC	3,18aB
Oxyfluorfen	600	14,56aC	12,34bB	3,01aC	3,10aB
Testemunha	0	19,45aA	18,92aA	4,15aA	4,09bA
CV (%)	-	10,01		12,98	

^{1/}Sim = Plantas inoculadas; Não = Plantas não inoculadas; ^{2/}Fluazifop-p-butil+Fomesafen. Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 5. Colonização micorrízica de plantas de café (Catuaí Vermelho IAC 99) inoculadas e não inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares (*Rhizophagus clarus* e *Gigaspora margarita*), aos 60 DAA.

Herbicidas	Dose i. a. (g ha ⁻¹)	Colonização (%)	
		Sim ^{1/}	Não
Chlorimuron-ethyl	15	60,21aC	42,47bB
Fluazifop-p-butil	200	70,33aAB	45,33bA
Fomesafen	250	65,62aB	43,13bAB
[Fluazifop+Fomesafen] ^{2/}	200+250	59,44aC	41,31bB
Oxyfluorfen	600	59,65aC	39,91bB
Testemunha	0	72,3aA	45,95bA
CV (%)	-	5,68	

^{1/}Sim = Plantas inoculadas; Não = Plantas não inoculadas; ^{2/}Fluazifop-p-butil+Fomesafen. Médias seguidas de letras iguais, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Conclusões

O fluazifop-p-butil apresentou-se seletivo para as plantas de café arábica cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, não causando danos a colonização dos fungos micorrízicos arbusculares. Dessa forma, mostra-se mais promissor para aplicação em área total em plantas de café.

No geral, as plantas de café inoculadas com FMAs foram mais tolerantes aos efeitos negativos dos herbicidas chlorimuron-ethyl, fomesafen, oxyfluorfen e [fluazifop-p-butil+fomesafen].

Agradecimentos

À CAPES, FAPEMIG, CNPq e FAPESC pela concessão dos recursos e bolsas



para a realização deste trabalho.

Referências

- ALCÂNTARA, E.N. et al. Avaliação de herbicidas para cafeeiros em formação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos Expandidos...** Brasília, DF: EMBRAPA CAFÉ, 2000. p.967-970.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 12.ed. Washington DC: 1975. 1094p.
- BRAGA, J.M.; FELLIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de P em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- CAIXETA, G.Z.T. et al. Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura. **Informe Agropecuário**, v.29, n.247, p.14-23, 2008.
- CARRIGAN, L.; FREY, K.J. Root volumes of *Avena* species. **Crop Science**, v.20, n.3, p.407-408, 1980.
- COLOZZI FILHO, A. et al. Efetividade de diferentes fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas, crescimento pós transplante e produção do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.9, p.1397-1406, 1994.
- COLOZZI FILHO, A.; CARDOSO, E.J.B.N. Detecção de fungos micorrízicos arbusculares em raízes de cafeeiro e de crotalária cultivada na entrelinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.10, p.2033-2042, 2000.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Café. Segunda estimativa safra maio/2013. Brasília: CONAB 2012. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_05_14_09_35_12_boletim_cafe_mai_2013.pdf, acesso em 28 de junho de 2013.
- GIOVANNETTI, J.W.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytology**, v.48, n.3, p.489-500, 1980.
- GUIMARÃES, P.T.G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. (Eds.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.289-302.
- JACKSON, M.L. **Soil chemical analysis**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1958. 458p.
- KJELDAHL, J.A. new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Zeitschreft fur Analytische Chemie**, v.22, n.1, p.366 1883.
- LOCATELLI, L.M.; LOVATO, P.E. Inoculação micorrízica e aclimatização de dois porta-enxertos micropropagados de macieira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.37, n.2, p.177-184, 2002.
- MAGALHÃES, C.E.O. et al. Seletividade e controle de plantas daninhas com oxyfluorfen e sulfentrazone na implantação de lavoura de café. **Planta Daninha**, v.30, n.3, p.607-616, 2012.
- MIRANDA, G.R.B. et al. Formação de mudas de cafeeiro em substratos oriundos de diferentes métodos de desinfestação. **Bragantia**, v.65, n.2, p.303-307. 2006.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- POUYU-ROJAS, E.; SIQUEIRA, J.O. Micorriza arbuscular e fertilização do solo no desenvolvimento pós-transplante de mudas de sete espécies florestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.1, p.103-114, 2000.

RONCHI, C.P.; SILVA, A.A. Tolerância de mudas de café a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Planta Daninha**, v.21, n.3, p.421-426, 2003.

RONCHI, C.P.; SILVA, A.A. Weed control in young coffee plantations through post-emergence herbicide application onto total area. **Planta Daninha**, v.22, n.4, p.607-615, 2004.

RONCHI, C.P.; SILVA, A.A.; FERREIRA, L.R. **Manejo de plantas daninhas em lavouras de café**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Fitopatologia, 2001, 94p.

RONCHI, C.P.; TERRA, A.A.; SILVA, A.A. Growth and nutrient concentration in coffee root system under weed species competition. **Planta Daninha**, v.25, n.4, p.679-687, 2007.

SILVA, A.A.; FERREIRA, F.A.; FERREIRA, L.R. Herbicidas: Classificação e Mecanismos de Ação. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p.83-148.

SILVA, A.A.; RONCHI, C.P. Avanços nas pesquisas sobre o controle de plantas daninhas na cultura do café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. p.103-132.

SILVA, D.V. et al. Seletividade de herbicidas pós-emergentes na cultura da mandioca. **Planta Daninha**, v.30, n.4, p.835-841, 2012.

VIEIRA, R.F.; SILVA, C.M.M.S.; SILVEIRA, A.P.D. Soil microbial biomass C and symbiotic processes associated with soybean after sulfentrazone herbicide application. **Plant Soil**, v.300, n.1, p.95-103, 2007.